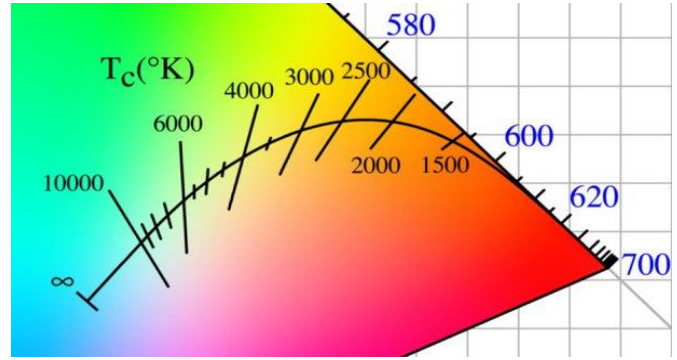
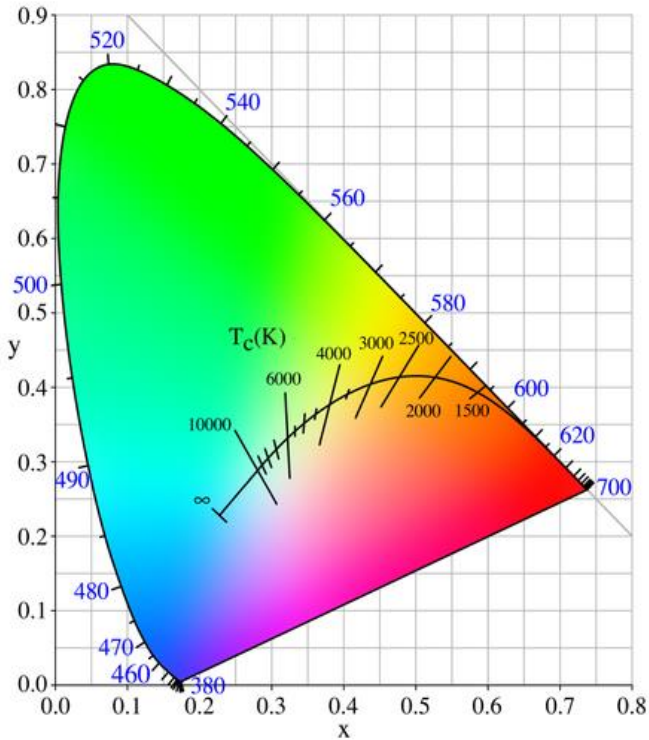


Sistemas de clasificación de los colores - Sistema CIE 1931



El sistema CIE (*Comisión Internacional de l'Eclairage*), se basa en las pautas físicas de longitud de onda, pureza de excitación e intensidad luminosa, que representan variables específicas y universales. No se clasifican los colores no autoluminosos y colores de la luz en el marco de un catálogo de pigmentos, sino que se hace según la composición espectral del tipo de luz emitida por una fuente.

La representación se hace en el llamado *triángulo tricromático* que contiene los colores saturados en el perímetro, mientras que en el interior del triángulo se encuentra el punto de saturación más bajo nombrado *punto blanco* o *acromático*.

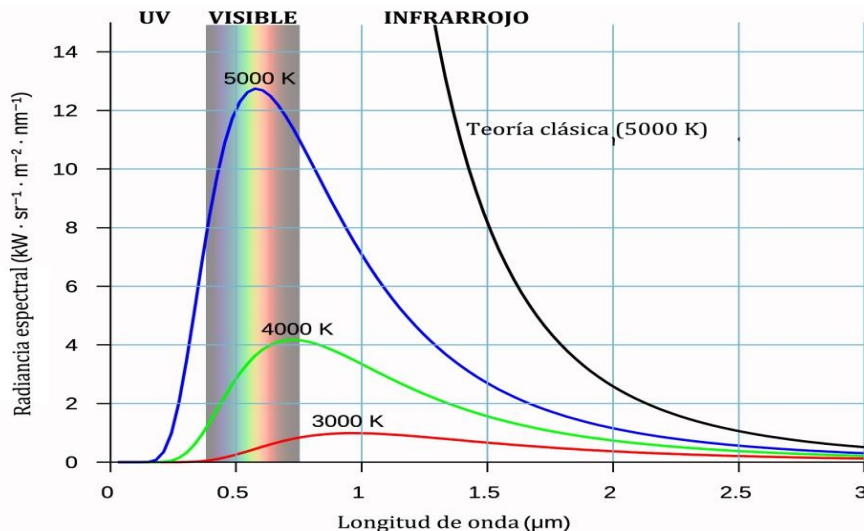
Todas las categorías de saturación de un color se encuentran en la recta que une el punto anterior y el color totalmente saturado situado en el perímetro, y las mezclas posibles entre dos colores se encuentran en la recta que une los colores saturados mezclados.

En el interior del triángulo está representada la luz blanca en una línea llamada *curva de Planck*, correspondiente a los diferentes colores de una lámpara incandescente patrón. Esta curva se subdivide en blancos cálidos para temperaturas inferiores a 3.300 °K, en blancos neutros entre 3.300 °K y 5.000 °K y en blancos fríos para temperaturas superiores a 5.000 °K.

Temperatura del color

La temperatura del color mide que tan frío o cálido reproduce una fuente de luz. Se expresa en grados Kelvin [K].

Del mismo modo que un metal cambia de color a medida que aumenta su temperatura, para calcular la temperatura de color se calentó un cuerpo negro que teóricamente irradia toda la energía que recibe a distintas temperaturas y se va obteniendo la curva de la siguiente imagen. Allí se define la temp. de color para las fuentes de luz.



Temperatura del color en la naturaleza

Escala de color	Temperatura de color	Fuente de luz
	10.000K	Equivale al color del cielo azul
	7.500K	Sombra bajo cielo despejado
	6.000K	Cielo cubierto
	5.200K	Luz del sol al mediodía
	4.500K	Luz del sol por la tarde
	3.500K	Luz del amanecer / Atardecer
	3.000K	Puesta de sol
	2.500K	Bombillas incandescentes domésticas
	1.930K	Luz de las velas

De manera que la temperatura de color de una fuente de luz será la temperatura del cuerpo negro cuando la sensación al ojo de la radiación luminosa de ambos es parecida. Por ejemplo, una lámpara que tenga una temperatura de color de 3000 K, significa que emite la misma radiación que emitiría el cuerpo negro calentado a esa temperatura.

La temperatura del color no es una medida de temperatura real. Define el color de una fuente de luz solo si se asemeja al color del cuerpo negro.

Generalmente, la temperatura de color se asemeja también a la apariencia que proporciona la fuente de luz. La relación entre apariencia y temperatura se define en la tabla siguiente:

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Cálida	3.300
2	Intermedio	Entre 3.300 - 5.300
3	Frío	>5.300

Índices de reproducción cromáticos

La temperatura de color influye sobre dos aspectos principalmente, la sensación creada en el ambiente que puede ser de confort o incomodidad, y la distorsión del color. Por estos motivos, la temperatura de color está relacionada con el nivel de iluminación. Mediante observaciones empíricas se definió una curva de bienestar (Curvas de Kruithof), donde se representa la influencia psicológica de la temperatura de color sobre el nivel de iluminación. La curva de la Imagen 4 muestra como para temperaturas de color elevadas, el nivel de iluminancia también debe ser elevado para conseguir sensación de confort. Aunque es posible la sensación de confort cuando el nivel de iluminación es bajo, si la temperatura de color también lo es.

Por ejemplo, para fuentes de luz de temperaturas de color bajas, aproximadamente 2500K, existirá sensación de confort si el nivel de iluminación está en el rango entre 50-100 lux. En cualquier caso, en la curva se observa que las fuentes de luz de temperatura de color elevada, tienen mejor predisposición a crear un ambiente de confort. La sensación de incomodidad se encuentra para temperaturas de color bajas y nivel de iluminación elevado, en estos casos, se crea un ambiente luminoso irreal, con distorsión del color y un ambiente demasiado cálido. O cuando la temperatura de color es elevada, pero la iluminancia es baja que entonces se crea un ambiente frío y oscuro.

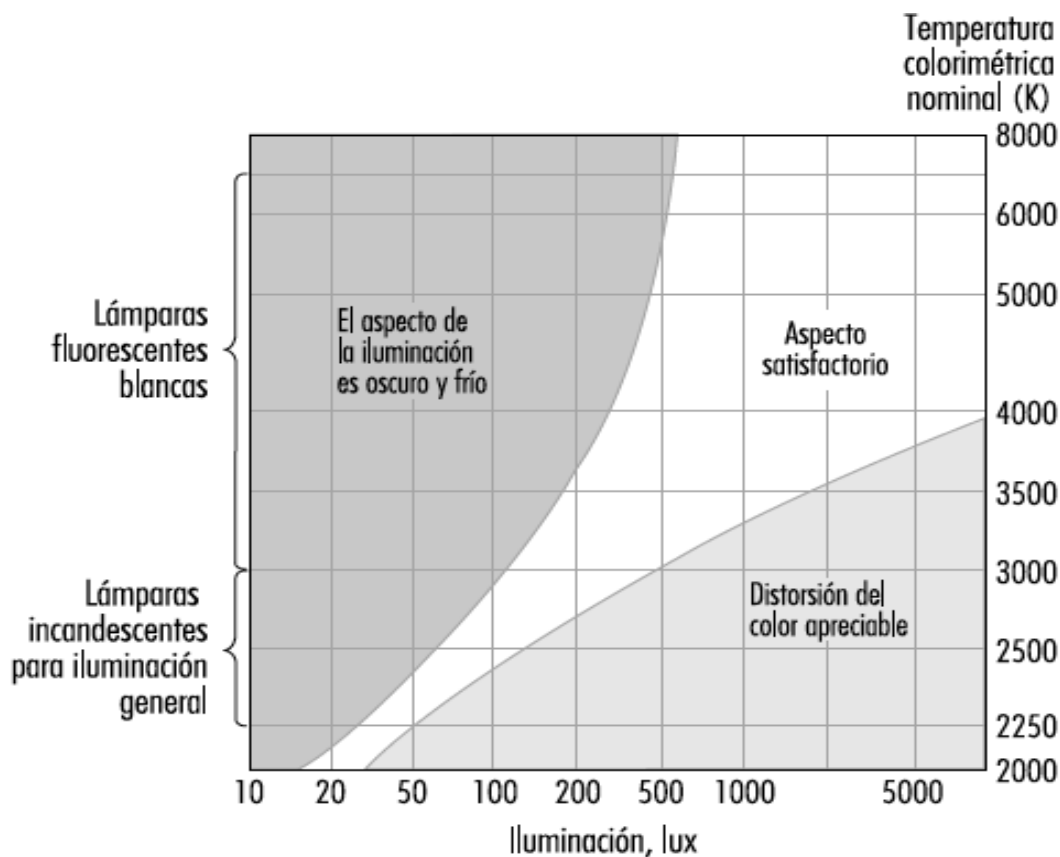


Diagrama de Kruitoff

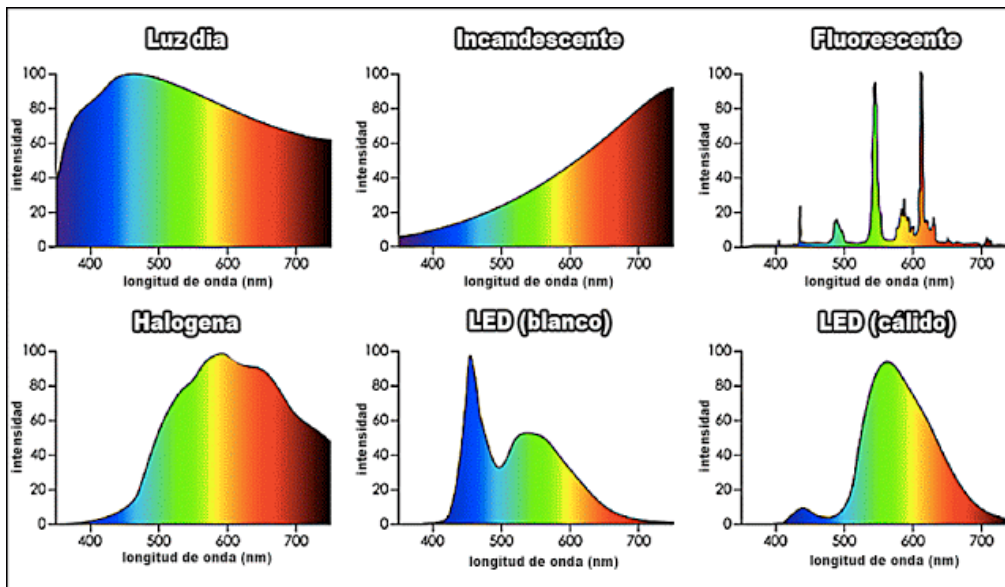
Índice de Reproducción Cromática (IRC)

El IRC es la capacidad de la fuente de luz para reproducir fielmente el color, comparándola con un patrón de referencia.

El índice de reproducción cromática se mide como IRC o Ra. Cuando las propiedades de reproducción cromática de la fuente de luz y las del cuerpo negro son las mismas el IRC tiene el valor máximo que es 100. Conforme disminuye el valor del IRC también disminuye la veracidad del color que se observa. Normalmente, cuanto mayor es el IRC de una lámpara menor es el rendimiento luminoso. Por lo tanto, en cuanto a la elección de las lámparas, en primer lugar se deben fijar los mínimos necesario de IRC y en segundo lugar se elegirán las lámparas, que cumplan ese IRC, con el máximo rendimiento.

Los índices de reproducción cromático están divididos en grupos:

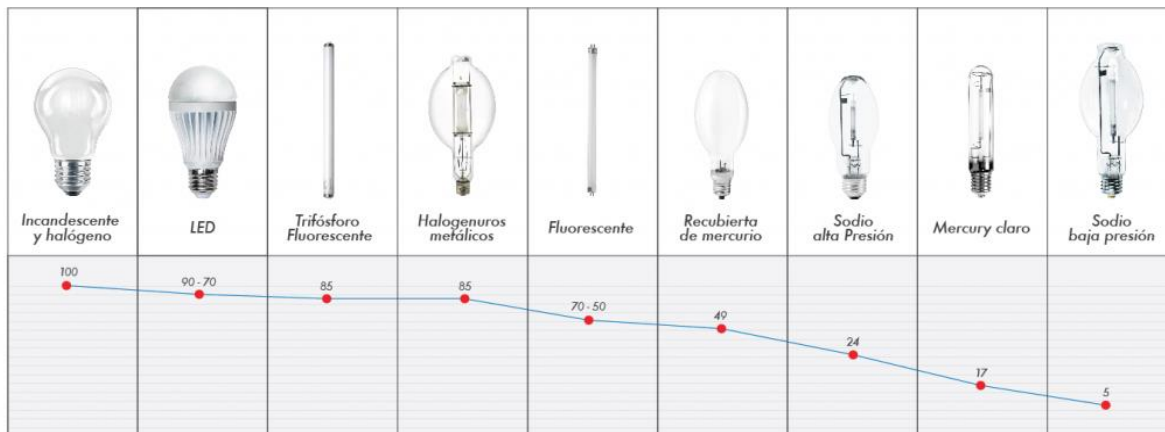
Clasificación aproximada	
Excelente	IRC de 85% a 100%
Bueno	IRC de 70% a 84%
Regular	IRC de 40% a 69%
Malo	IRC inferior al 40%



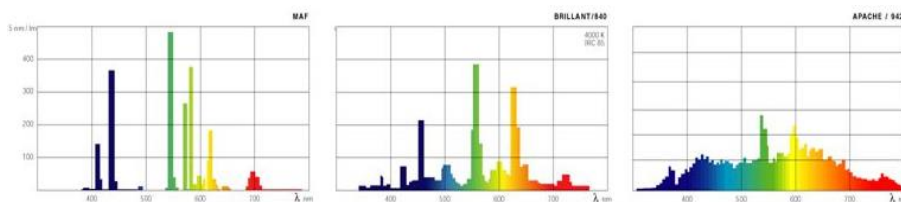
Cada Fuente de luz tiene una temperatura de color distinta con un componente espectral en particular, ello varía según sus componentes de producción como lo demuestra el gráfico adjunto donde en primer lugar se muestra el espectro de la luz diurna y en el resto el espectro de diferentes lámparas de lo que derivará su calidad de reproducción cromática.

Espectro de diversas fuentes

Aunque el IRC es un parámetro independiente de la temperatura del color, ambos parámetros son necesarios para definir la calidad cromática de la fuente de luz.



IRC diversas fuentes



LÁMPARA DE MERCURIO
IRC 45



FLUORESCENTE
IRC 85



HALOGENUROS METÁLICOS
IRC 90

En el caso específico de los leds la temperatura de color está definida como “correlacionada” y expresa el aspecto o tonalidad de luz que tiene la fuente luminosa (luz más cálida o más fría). Este parámetro únicamente es válido para fuentes emisoras de luz blanca.

Curiosamente a pesar de que el rojo se asocia a un color cálido y el azul a un color frío, en la curva planckiana del diagrama CIE 1931, el color azul se da a temperaturas más elevadas que el rojo. Los LED blancos se clasifican según su temperatura de color correlacionado (T_{cp}) en:

- Blanco cálido 2.700 a 3.300 K
- Blanco neutro 3.300 a 5.300 K
- Blanco frío mayor a 5.300 K

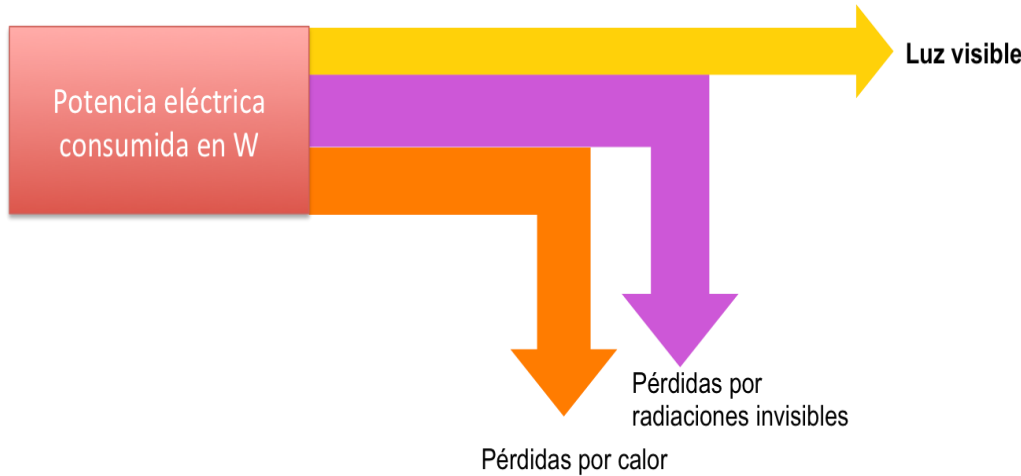
Características generales de las fuentes de luz

Las fuentes de luz y las luminarias hoy denominadas “tradicionales” fueron siempre los elementos más importantes en un proyecto de iluminación. Una buena elección del conjunto influye en la correcta iluminación del espacio, disminución de contaminación lumínica, y ahorro en mantenimiento entre otras. Actualmente en el mercado existe una gran variedad de lámparas consideradas tradicionales pero su uso desde la incorporación de los Led como fuentes modernas, se van modificando y o adecuando al reemplazo por esta tecnología. En este punto se va a describir la máxima variedad de modelos de lámparas y sus características, aunque es difícil generalizar debido al amplio abanico de las mismas

Eficacia luminosa

Cuando se enciende una lámpara no se transforma toda la energía en luz sino que una parte de esa energía se pierde en formas de calor o radiaciones no visibles.

La eficacia luminosa o rendimiento luminoso se define como la cantidad flujo luminoso emitido por una lámpara por cada unidad de potencia eléctrica que consumida. Se expresa en lm/W y su símbolo es η

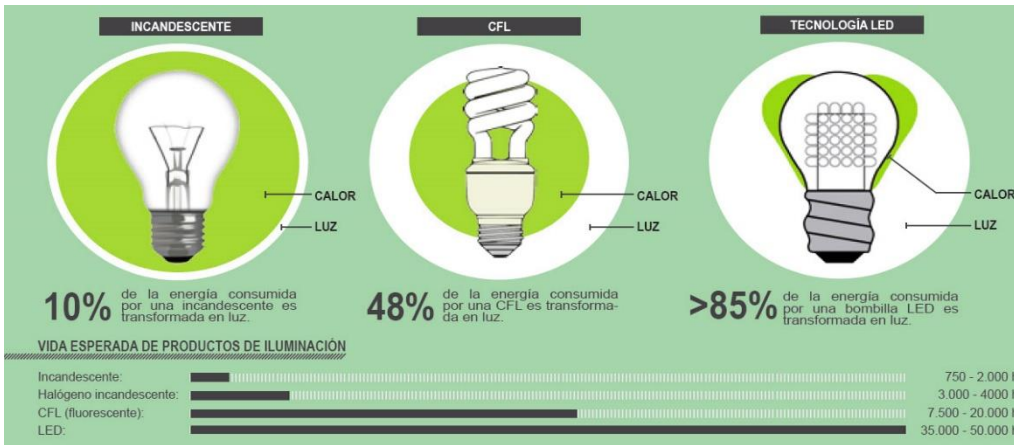


La eficacia luminosa o rendimiento luminoso se define como la cantidad flujo luminoso emitido por una lámpara por cada unidad de potencia eléctrica que consumida. Se expresa en lm/W y su símbolo es η

Comparativo de rendimiento de fuentes tradicionales y leds

Durante años hemos considerado la cantidad de energía que consumen las lámparas (watts), sin importar cuánto brillan o cuántos lúmenes tenían. Los watts de

una lámpara sólo nos dicen cuánta energía consume y no cuánto brilla.



Comparativo de consumos y rendimientos en relación a luminarias tradicionales y fuentes led

Hoy con el desarrollo de las fuentes leds nos basaremos en la cantidad de lúmenes (lm) y no en la cantidad de watts, ya que los lúmenes miden la cantidad de luz que éstas emiten; y de hecho ya los leds que se comercializan nos detallan los lúmenes que emiten y el promedio de horas de vida útil.

Fluorescente	LED
80 lm/w	110 lm/w
Rendimiento Luminaria 40 - 60%	Rendimiento Luminaria 85 - 90%
Eficacia 40lm/y	Eficacia 80lm/y

Fuentes de luz

Iluminación convencional

Las tecnologías de iluminación convencionales han sido la manera tradicional de alumbrar calles, edificios y hogares. Existe iluminación convencional de lámparas halógenas, fluorescentes, fluorescentes compactas, compactas de descarga de alta intensidad e incandescentes

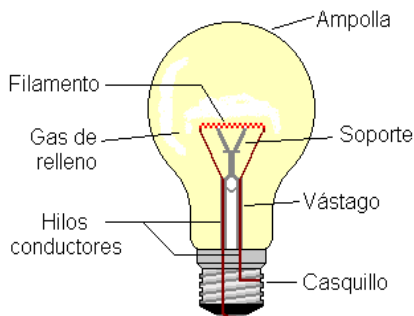
ión
convencional



Iluminación LED

La iluminación por LED es muy eficaz, duradera, respetuosa con el medio ambiente y controlable y hace posibles aplicaciones de la luz tanto novedosas como tradicionales

Lámparas incandescentes (Ya son la historia...)



Partes de una bombilla



Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la

duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

La incandescencia... Inicios de la Luz artificial

La incandescencia se produce pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las bombillas corrientes. Con este principio obtenemos luz y calor. En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. A partir del año 2011 se aplica la prohibición de importar y comercializar lámparas incandescentes con el fin de ahorrar energía, según lo establece una ley que entró en vigencia el 21 de enero del 2010. La ley aprobada en diciembre de 2008 por el Congreso de la Nación establece que el Gobierno podrá dictar medidas tendentes a facilitar la importación de lámparas de bajo consumo. La norma forma parte del Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica, elaborado por las autoridades para reducir el consumo.

Desde su invención en el año 1878, la lámpara incandescente común ha sido prácticamente la fuente de luz artificial más masivamente utilizada. Sin embargo, en la década de los años 50 del siglo pasado la necesidad de dotar a los aviones de una fuente de luz intensa para la navegación nocturna, que se pudiera ubicar en las puntas de las alas, llevó a los ingenieros estadounidenses a desarrollar una lámpara tipo incandescente, pero conceptual y estructuralmente diferente a las conocidas hasta esos momentos. Básicamente se sustituyeron el gas argón utilizado en las lámparas incandescentes comunes, por un elemento halógeno como el yodo (I), que permitió incrementar la temperatura del filamento. Además, en lugar de utilizar el cristal común que emplean las lámparas incandescentes

normales, emplearon cristal de cuarzo. De esa forma surgió una nueva lámpara incandescente, más pequeña y eficiente comparada con sus antecesoras.

Estructura de las lámparas halógenas



Apariencia de color: blanco
Temperatura de color: 2900 K
Reproducción de color: Ra 100
Vida útil: 2000 - 5000 h

La estructura de una lámpara halógena es extremadamente sencilla, pues consta prácticamente de los mismos elementos que las incandescentes comunes. Sus diferentes partes se pueden resumir en: (A) un bulbo o, en su defecto, un tubo de cristal de cuarzo, relleno con gas halógeno; (B) el filamento de tungsteno, con su correspondiente soporte y (C) las conexiones exteriores. Estas lámparas se pueden encontrar con diferentes formas, tamaños, versiones y potencia en watt.

Tipos de Lámparas halógenas



VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS LAMPARAS HALOGENAS

Ventajas en comparación con las lámparas incandescentes comunes

- Emiten una luz 30 % más blanca y brillante empleando menos potencia en watt.
- Son más eficientes, consumen menos energía eléctrica por lumen de intensidad de luz aportado.
- No pierden intensidad de luz con las horas de trabajo. Los vapores de tungsteno no ennegrecen la envoltura del cristal de cuarzo. Prestan un mayor número de horas servicio.
- La mayoría de los modelos se conectan directamente a la red de distribución eléctrica doméstica de 110 o 220 volt y en otros modelos a un transformador que reduce la tensión a los 12 volt que requieren para funcionar.

Desventajas

- Al igual que ocurre con las lámparas incandescentes comunes, las halógenas consumen más energía disipando calor al medio ambiente que emitiendo luz, aunque su rendimiento es más económico.
- Debido a que el filamento se encuentra muy cerca de la envoltura, el cristal de cuarzo se calienta excesivamente.
- Emiten radiaciones ultravioletas junto con la luz blanca visible.
- No se pueden tocar directamente con los dedos, pues el sudor o la grasa de las manos altera la composición química del cristal de cuarzo. Esa reacción, conocida como “desvitrificación”, deteriora la cápsula o el tubo de protección, provocando que el filamento se funda.

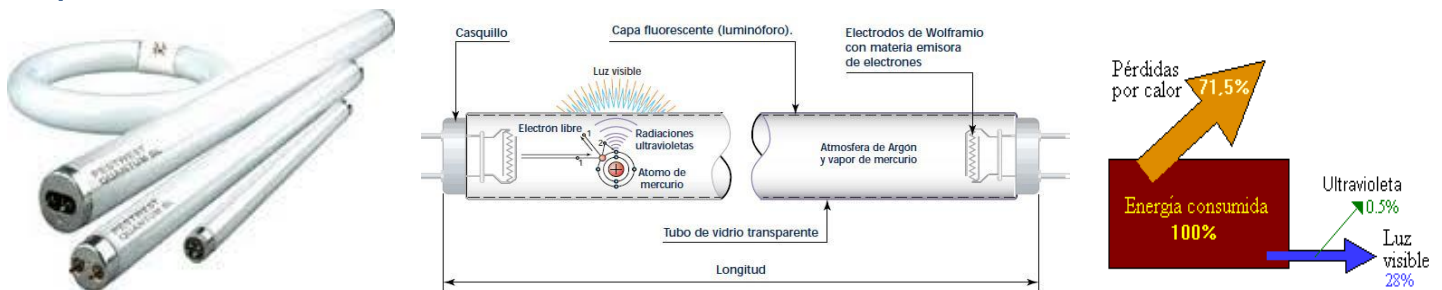
LAMPARAS DE DESCARGA

Tipos de lámparas de descarga

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

- **Lámparas de vapor de mercurio:**
 - **Baja presión:**
 - Lámparas fluorescentes
 - Lámparas fluorescentes compactas
- **Alta presión:**
 - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
 - Lámparas de luz de mezcla
 - Lámparas con halogenuros metálicos
- **Lámparas de vapor de sodio:**
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Lámparas fluorescentes



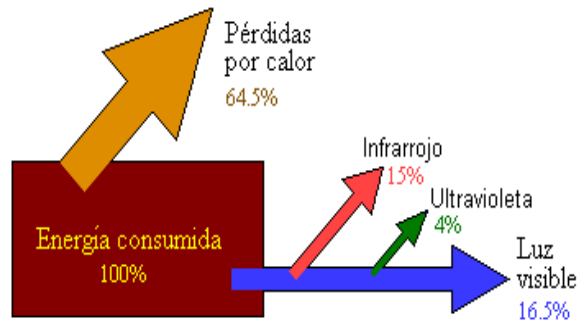
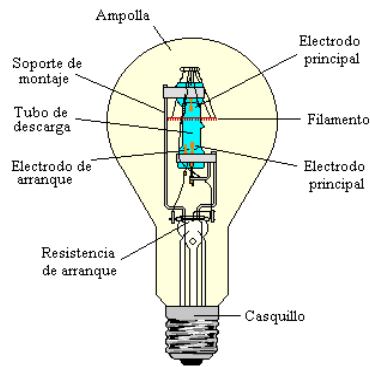
Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Las lámparas fluorescentes están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. La eficacia de estas lámparas o mejor dicho tubos depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas.

Lámparas fluorescentes Compactas



Los tubos rectos fluorescentes eran voluminosos y pesados, por lo que se creó una nueva lámpara fluorescente compuesta por un tubo de vidrio alargado y de reducido diámetro, que dobló en forma de espiral para reducir sus dimensiones. Así construyó una lámpara fluorescente compacta, se podían adquirir fácilmente, convirtiéndola en la opción más apta para el cuidado del medio ambiente en cuanto a su rendimiento lumínico, durabilidad y posibilidad de reciclaje de sus componentes. Se producen en temperatura de color frío o cálido. Hoy los led desplazan rápidamente este tipo de lámparas

Lámparas de descarga de alta y baja tensión



Las lámparas de descarga de alta y baja tensión constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes o las halógenas estándar. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas como se define

anteriormente en el concepto de las lámparas halógenas. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Funcionamiento

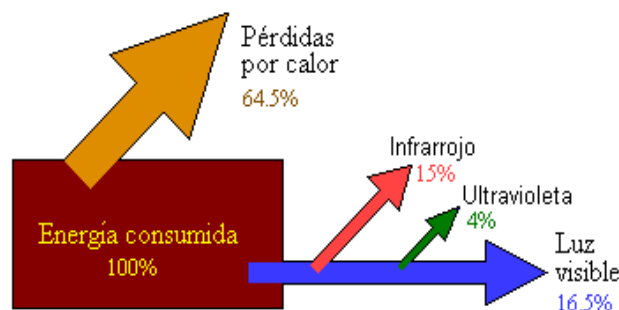
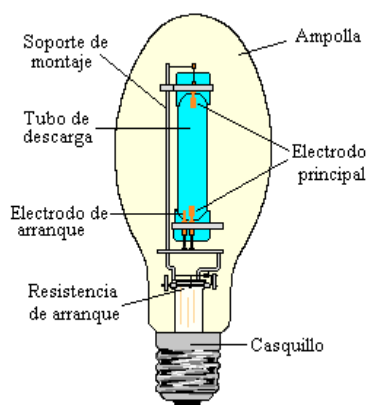
En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo en las lámparas de mercurio a alta presión la luz puede tener un leve tinte azul y en las de sodio a baja presión es amarillenta).

Elementos auxiliares

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los **cebadores** o **ignitores** son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Los ignitores son elementos auxiliares para las lámparas de mercurio a alta presión y para las de sodio a baja presión. Los **balastos**, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara. Los balastos son elementos auxiliares para las lámparas fluorescentes

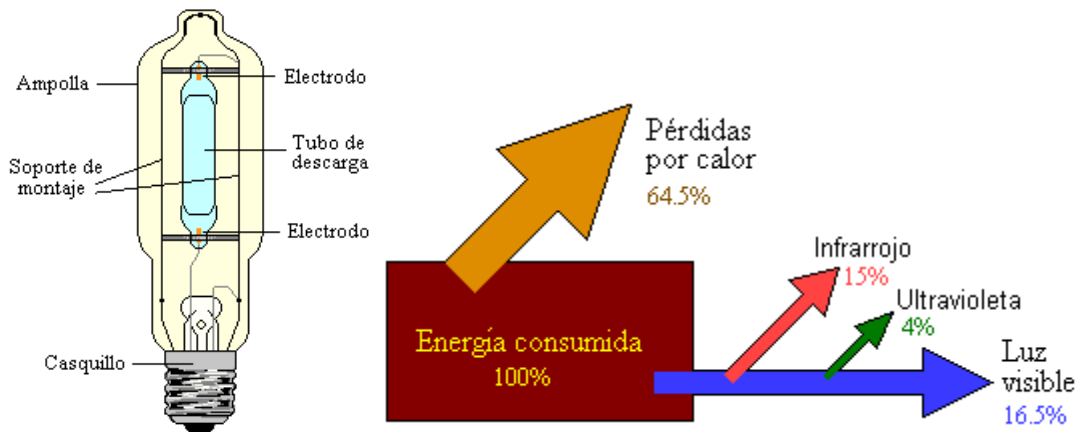
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión están entre las primeras lámparas de descarga desarrolladas al igual que las fluorescentes. En estas lámparas de vapor de mercurio la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Como las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, las radiaciones ultravioletas se transforman, mediante sustancias fluorescentes, en radiaciones comprendidas dentro del espectro rojo, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático.



Lámparas de Halogenuros metálicos

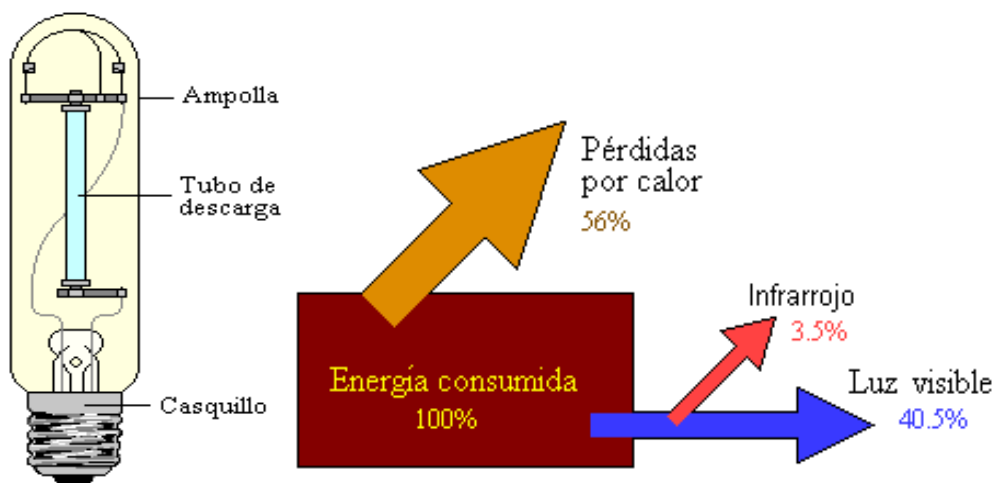
Si a la lámpara descrita anteriormente le añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio consiguiendo así el desarrollo de este tipo de lámpara denominada de Mercurio Halogenado. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas. Las excelentes prestaciones cromáticas ha sido la más adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.



Lámparas de vapor de sodio

Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral de color amarillo, y con ello está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano. Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada que proporciona una luz dorada cuya consecuencia es que tienen un rendimiento en color de 2100 K y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas.



Fibra Óptica.

La *fibra óptica* es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos o la misma luz a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra. Las fibras

se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan como sistema de transmisión de iluminación.

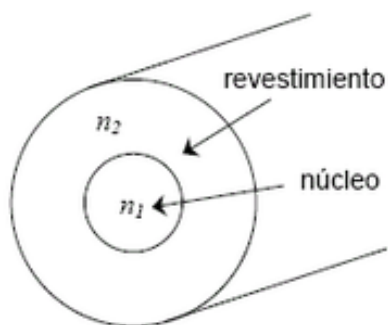
Historia

El uso de la luz guiada, de modo que no se expanda en todas direcciones, sino en una muy concreta y predefinida se ha conseguido mediante la fibra óptica, que podemos pensar como un conducto de vidrio -fibra de vidrio ultra delgada- protegida por un material aislante que sirve para transportar la señal lumínica de un punto a otro.

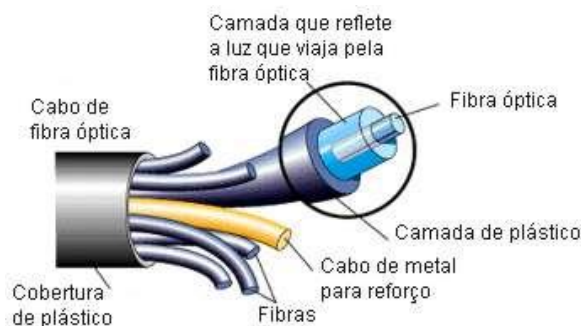
Además tiene muchas otras ventajas, como bajas pérdidas de señal, tamaño y peso reducido. La posibilidad de controlar un rayo de luz, dirigiéndolo en una trayectoria recta, se conoce desde hace mucho tiempo. Uno de los primeros usos de la fibra óptica fue emplear un haz de fibras para la transmisión de imágenes.

Proceso de fabricación

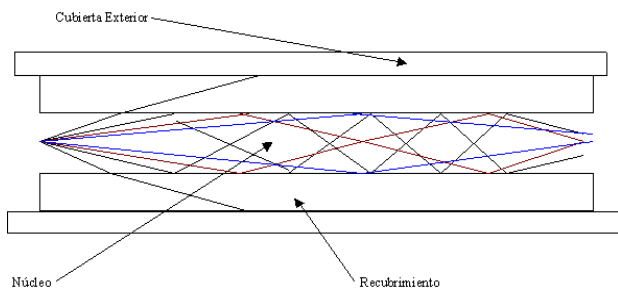
Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micrones. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, y otros riesgos. Una vez obtenida mediante procesos químicos la materia de la fibra óptica, se pasa a su fabricación según su destino final que es muy variado: desde comunicaciones digitales, pasando por sensores y llegando a usos decorativos específicamente de iluminación y otros elementos similares, cables submarinos, cables interurbanos, etc



Núcleo y revestimiento de F. Óptica



Cable compuesto de fibra óptica.



Corte transversal de fibra óptica

Características

La fibra óptica es una guía de ondas dieléctricas que opera a frecuencias ópticas. Cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal de altísima pureza, con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor. En el interior de una fibra óptica, la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente avanza por su centro. De este modo,

se pueden guiar las señales luminosas sin pérdidas por largas distancias. Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atravesase el revestimiento, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción del revestimiento, y también si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite.

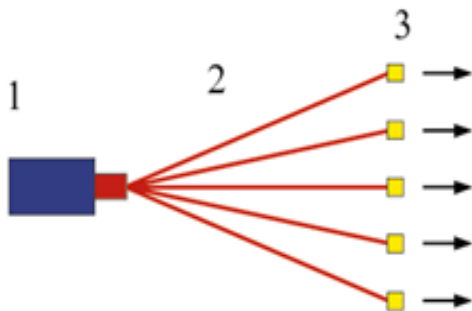
La fibra óptica no transmite energía eléctrica, lo que le brinda un valor agregado al momento de resolver instalaciones lumínicas donde el riesgo eléctrico sea de consideración como la iluminación de piscinas o fuentes ornamentales. Uno de los usos que le podemos dar a la fibra óptica es el de iluminar cualquier espacio. Debido a las ventajas que este tipo de iluminación representa en los últimos años ha empezado a ser muy utilizado.

Entre las ventajas de la iluminación por fibra podemos mencionar:

- Ausencia de electricidad y calor: Esto se debe a que la fibra sólo tiene la capacidad de transmitir los haces de luz además de que la lámpara que ilumina la fibra no está en contacto directo con la misma.
- Se puede cambiar de color la iluminación sin necesidad de cambiar la lámpara: Esto se debe a que la fibra puede transportar el haz de luz de cualquier color sin importar el color de la fibra.
- Con una lámpara se puede hacer una iluminación más amplia por medio de fibra: Esto es debido a que con una lámpara se puede iluminar varias fibras y colocarlas en diferentes lugares.
- Las fibras ópticas son muy usadas en el campo de la iluminación. Para edificios donde la luz puede ser recogida en la azotea y ser llevada mediante fibra óptica a cualquier parte del edificio.

Sistemas lumínicos con fibra óptica

El principio que conforman los componentes de conjunto de iluminación en base a fibra óptica es básicamente lo que se denomina iluminador **(1)**, modulo alimentador o iluminador con fuente led alta potencia RGB que permite los cambios de colores y escenas con regulación de la velocidad en la secuencia de los mismos. **(2)** Los conductores o cables de fibra óptica y **(3)** los punteros o terminales.



Sistema de iluminación con fibra óptica.



Modulo alimentador con distintos terminales

La versatilidad que ofrece la fibra óptica permite una infinita variedad de opciones y diseños con este tipo de sistema de iluminación dotando a los profesionales de un medio de iluminación versátil y con efectos variados, pero de uso acotado y puntual según los casos por el elevado costo de este material.

